



Geomorfologia da costa central e sul do RS

com fotografias
aéreas oblíquas
de drone



Ulisses Rocha de Oliveira
Rodrigo Silva Simões



**GEOMORFOLOGIA DA COSTA
CENTRAL E SUL DO RIO GRANDE
DO SUL COM FOTOGRAFIAS AÉREAS
OBLÍQUAS DE DRONE**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
FURG

Reitora
CLEUZA MARIA SOBRAL DIAS
Vice-Reitor
DANILO GIROLDO
Chefe do Gabinete da Reitora
DENISE MARIA VARELLA MARTINEZ
Pró-Reitor de Extensão e Cultura
DANIEL PORCIUNCULA PRADO
Pró-Reitor de Planejamento e Administração
MOZART TAVARES MARTINS FILHO
Pró-Reitor de Infraestrutura
MARCOS ANTONIO SATTE DE AMARANTE
Pró-Reitor de Graduação
RENATO DURO DIAS
Pró-Reitora de Assuntos Estudantis
DAIANE TEIXEIRA GAUTÉRIO
Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas
ALINE RODRIGUES DE AVILA
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação
EDUARDO RESENDE SECCHI

EDITORA DA FURG

Coordenadora
CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA

COMITÊ EDITORIAL

Presidente
DANIEL PORCIUNCULA PRADO

Titulares
ANDERSON ORESTES CAVALCANTE LOBATO
ANDRE ANDRADE LONGARAY
ANGELICA CONCEIÇÃO DIAS MIRANDA
CARLA AMORIM NEVES GONÇALVES
CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA
EDUARDO RESENDE SECCHI
ELIANA BADIALE FURLONG
GIONARA TAUCHEN
LUIZ EDUARDO MAIA NERY
MARCELO GONÇALVES MONTES D'OCA
MARCIA CARVALHO RODRIGUES
RAÚL ANDRÉS MENDOZA SASSI

Editora da FURG
Câmpus Carreiros
CEP 96203 900 – Rio Grande – RS – Brasil
editora@furg.br

Integrante do PIDL



Ulisses Rocha de Oliveira & Rodrigo Silva Simões

**GEOMORFOLOGIA DA COSTA CENTRAL
E SUL DO RIO GRANDE DO SUL
COM FOTOGRAFIAS AÉREAS OBLÍQUAS
DE DRONE**



Rio Grande
2020

© Ulisses Rocha de Oliveira & Rodrigo Silva Simões

2020

Designer da capa: Vivian Castro de Miranda

Diagramação da capa: Anael Macedo

Formatação e diagramação:

João Balansin

Gilmar Torchelsen

Revisão Ortográfica: Júlio Marchand

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária

Marcia Carvalho Rodrigues, CRB 10/1411.

O48g Oliveira, Ulisses Rocha de, 1977-
Geomorfologia da costa central e sul do Rio Grande do Sul com fotografias aéreas oblíquas de drone [recurso eletrônico] / Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Silva Simões. – Dados eletrônicos. – Rio Grande, RS: Ed. da FURG, 2020.

Disponível em: <<http://repositorio.furg.br>>

Título extraído da folha de rosto.

ISBN 978-65-5754-027-5

1. Geomorfologia – Rio Grande do Sul. 2. Fotografia aérea em geomorfologia. 3. Atlântico, Oceano, Costa (Brasil, Sul) – Fotografias aéreas. I. Simões, Rodrigo Silva, 1985-. II. Título.

CDU, 2. ed.: 551.4(816.5)

Índice para o catálogo sistemático:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Geomorfologia – Rio Grande do Sul | 551.4(816.5) |
| 2. Fotografia aérea em geomorfologia | 551.4:528.715 |
| 3. Atlântico, Oceano, Costa (Brasil, Sul) – Fotografias aéreas | 528.715(261.67) |

SOBRE OS AUTORES

Ulisses Rocha de Oliveira – Possui Graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) completada em 2001; Mestrado e Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina, na área de Concentração Utilização e Conservação dos Recursos Naturais, completados, respectivamente, em 2004 e 2009. Atualmente, é Professor do Instituto de Ciências Humanas e da Informação da Universidade Federal do Rio Grande (ICHI-FURG). É professor permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande (PPGGEO-FURG).

Rodrigo Silva Simões – Possui Graduação em Geografia Licenciatura pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) completada em 2015. É Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande (PPGGEO-FURG), linha de pesquisa: Análise de Sistemas Naturais e Ambientais.

PREFÁCIO

A pergunta de por que os colegas Ulisses e Rodrigo nos propiciam esse livro tem como resposta, sem dúvida, o fato de que ambos são profundamente envolvidos com a natureza e, sobretudo, com o que costumamos chamar de “trabalho de campo”, este tempo valiosíssimo vivido ao longo de um dos litorais mais longos do mundo aparentemente homogêneo, mas que, na verdade, apresenta uma geodiversidade rica e única. O livro mostra essa riqueza interpretada sob o ponto de vista da geomorfologia costeira e os processos atuantes com o auxílio de um drone que incorpora nada mais que a visão de uma ave marinha sobrevoando grande parte da costa sul-rio-grandense. Estão representados lateral e transversalmente os ambientes de uma forma integrada desde a zona de arrebentação até os campos de dunas interiores, passando por praias dominadas por ondas com maré astronômica relativamente inexpressiva, mas que pode sobrelevar-se, repentinamente, tornando-se, assim, juntamente com o vento, um dos maiores vetores de transformação da paisagem. O livro evidencia também ações antrópicas que modificam processos costeiros naturais e a resiliência da natureza em relação a elas. O livro desperta e aguça em estudantes e profissionais das áreas da geografia, oceanografia, geologia, engenharia costeira e gerenciamento costeiro o gosto pelo estudo, fator indispensável à evolução do conhecimento.

Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari
Instituto de Oceanografia
Laboratório de Oceanografia Geológica.
Rio Grande, outubro de 2017

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. Praias arenosas oceânicas	11
2.2. Dunas costeiras	13
2.3. Barreiras costeiras arenosas.....	16
2.4. Estuários	17
2.5. Ocupação humana e impactos ambientais	18
3. ÁREA DE ESTUDO	20
3.1 Localização da área	20
3.2 Quaternário costeiro	21
3.3 Morfodinâmica de praias e dunas	23
3.4 Rede hidrográfica	24
4. FOTOGRAFIAS AÉREAS OBLÍQUAS E TEXTO	25
4.1. Praia arenosa oceânica	26
4.2. Quebra de ondas	28
4.3. Erosão praial	30
4.4. Turfas na praia	32
4.5. Erosão em orla urbanizada	34
4.6. Berma de praia	36
4.7. Presença de algas na face da praia	38
4.8. Projeções costeiras e cúspides praias	40
4.9. Interação praia duna	42
4.10. Dunas frontais	44
4.11. Desestabilização das dunas frontais	46
4.12. Manejo de dunas frontais	48
4.13. Dunas transgressivas	50
4.14. Depósitos eólicos sobre a barreira costeira	52

4.15. Retenção dunar	54
4.16. Processos estuarinos na praia	56
4.17. Lama fluida na faixa de praia	58
4.18. Banco de lama	60
4.19. Usos da faixa de praia	62
4.20. Dissipação de energia de onda	64
4.21. Desembocadura lagunar	66
4.22. Desembocadura fluvial	68
4.23. Canal sangradouro	70
4.24. Desembocadura de canal sangradouro	72
4.25. Alagamentos e vazão	74
4.26. Sistemas integrados	76
4.27. Antropoceno	78
4.28. Utilização e conservação dos recursos costeiros .	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
6. BIBLIOGRAFIA	83

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira brasileira, considerada patrimônio nacional pela Constituição de 1988, corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis e não renováveis, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre (BRASIL, 2004). Inserida nesta zona, a orla é caracterizada pela interface entre a terra e o oceano. Cada vez mais valorizada para usos recreativos e estéticos, a zona costeira contém alguns dos mais complexos, diversos e produtivos ecossistemas do planeta. A geomorfologia costeira, como área da ciência, lida com as formas das feições nesses ambientes, o trabalho dos processos costeiros sobre elas e as mudanças que estão ocorrendo (BIRD, 2008).

No Rio Grande do Sul, a zona costeira apresenta ambientes predominantemente arenosos com clima subtropical, estando sujeita a grande variabilidade físico-natural. A ocupação antrópica é composta por algumas cidades, várias localidades de segunda residência e atividades industriais, agropecuárias, pesqueiras e portuárias. A motivação para a elaboração deste livro surgiu após a realização de diversos trabalhos de campo na costa central e sul do Rio Grande do Sul durante 2016 e início de 2017 no âmbito do Projeto “Variação espaço-temporal do sistema duna praia junto à orla urbana dos balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí – RS” (Edital Universal CNPq 2014/3). Nesses trabalhos de campo, foram obtidas fotografias aéreas oblíquas (ou inclinadas) por meio de uma Aeronave Remotamente Pilotada (drone) DJI® Phantom 3 Professional.

Segundo Disperati (1995), fotografias aéreas oblíquas (ou inclinadas) são tomadas com o eixo ótico da câmera dirigido intencionalmente ou não para qualquer posição entre a

horizontal e a vertical, com a câmera posicionada obliquamente a elas. A fotografia aérea inclinada pode ser classificada em alta (quando a linha do horizonte aparece na imagem) e baixa (quando a linha do horizonte não aparece na imagem). As fotografias foram obtidas em voos realizados com pilotagem manual, isto é, com manuseio do controle remoto. A câmera do Phantom 3 Professional tem uma lente f / 2.8 com um campo de visão de 94°, eliminando distorções significativas da lente.

Com posse de diversas fotografias aéreas oblíquas, o livro foi estruturado em temáticas no âmbito da geomorfologia costeira. Esta é a área do conhecimento na qual este trabalho está inserido. Sua parte inicial é mais técnica e científica, usando referencial conceitual, além de uma caracterização da área de estudo, empregando algumas importantes referências. Na parte de imagens oblíquas e texto geomorfológico, o texto é mais fluido, buscando visualizar processos costeiros, partindo da zona de arrebentação, faixa de praia, dunas costeiras, estuários, desembocaduras lagunares e drenagens costeiras. Por fim, imagens ilustrando a integração dos processos, o antropoceno e a utilização e conservação dos recursos costeiros.

Todas as fotografias mantiveram o tamanho original, isto é, sem recortes para destacar um segmento em específico, mantendo sua originalidade. A descrição das imagens não visa contemplar todas as características de cada imagem, pois, como diz o famoso ditado popular, “uma imagem vale por 1000 palavras”. No final do livro, constam as bibliografias citadas no texto e considerações sobre segurança de voo com drone.

O livro recebeu correções de Luiz Rota de Oliveira e Cassius Rocha de Oliveira, respectivamente pai e irmão de Ulisses, este último professor de Economia da FURG; dos professores da área de Geografia da FURG Eder Bayer Maier, área de Climatologia e Cartografia, e Rossana Madruga Telles, área de Geomorfologia; e do professor Lauro Júlio Calliari, referência nacional na área de Morfodinâmica Costeira, que fez o prefácio e a revisão final do texto.

Boa leitura e observação!

Ulisses e Rodrigo

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, serão descritos alguns conceitos para auxiliar na leitura do livro. Serão apresentadas definições básicas sobre praias arenosas oceânicas, dunas costeiras, barreiras costeiras, estuários e ocupações e ações humanas sobre a costa.

2.1 Praias arenosas oceânicas

O termo praia arenosa oceânica refere-se a depósitos de sedimentos inconsolidados na zona costeira, dominados pela hidrodinâmica, causada, primeiramente, por ondas, possuindo como limite interno as dunas frontais ou qualquer outra alteração fisiográfica brusca e como limite externo o início da zona de arrebenção (SHORT, 1999). Segundo Hoefel (1995), os principais setores das praias arenosas oceânicas são antepraia, praia média, face praial e pós-praia. Antepraia é o setor localizado na porção subaquosa, tendo início em uma certa profundidade do leito marinho, onde a ação das ondas passa a ter algum efeito no transporte sedimentar sobre o leito, estendendo-se até a zona de arrebenção das ondas. Praia média compreende a zona de arrebenção e zona de surfe, onde quebram e deslizam as ondas. A zona de arrebenção é onde ocorre o ponto de quebra das ondas, marcando o início de uma área mais rasa, geralmente dado pela presença de bancos de areia. Na zona de surfe, o deslize das ondas ocorre, geralmente, sobre os bancos de areia entre a zona de arrebenção e a zona de espraiamento. Na praia média, ocorrem correntes de deriva litorânea e correntes de retorno. A face da praia é o setor localizado entre a praia subaquosa e subaérea da praia, numa zona entre marés, onde normalmente ocorrem os processos

de espraiamento marinho (fluxo e refluxo). É também conhecida como estirâncio, definido como a zona entre a máxima e a mínima excursão do espraiamento das ondas. Dependendo da granulometria da praia, a face da praia pode ter maior ou menor declividade. O pós-praia está localizado na praia subaérea, entre o máximo de espraiamento normal e o limite superior da praia. Apresenta feições típicas, como bermas, dunas embrionárias e presença de canais de escoamento pluvial, chamados sangradouros. Durante situações de alta energia de onda ou maré alta, todo o pós-praia pode ser atingido pelas ondas. No limite superior da praia, muitas vezes, ocorre a presença de dunas frontais ou outra alteração fisiográfica brusca.

Masselink; Short (1993); Short (2000) classificaram praias arenosas através do parâmetro relativo da maré ($RTR = Tr / Hb$), que associa a influência da amplitude da maré (Tr) e da altura significativa das ondas (Hb) sobre as praias, distinguindo: praias dominadas por onda ($RTR < 3$), modificadas pela maré ($3 < RTR < 15$) e dominadas pela maré ($RTR > 15$). Wright; Short (1984) afirmaram que praias arenosas oceânicas dominadas por ondas, sujeitas ao regime de micromaré, podem variar de dissipativa, caracterizadas por baixa declividade na face da praia, areias finas e larga zona de surfe, à refletiva, caracterizadas por alta declividade na face da praia, areias grossas e estreita zona de surfe, apresentando estágios intermediários, caracterizados por assembleias morfológicas e processos hidrodinâmicos característicos peculiares. Segundo esses autores, entre os estágios dissipativo e refletivo podem ser distinguidos os estágios intermediários Banco e Cava Longitudinal, Banco e Praia de Cúspide, Bancos Transversais e Terraço de Baixa-Mar.

Embora mantenham características gerais de equilíbrio dinâmico, as praias mudam constantemente em várias escalas temporais (diárias, sazonais, decadais, seculares e milenares) (COWELL; THOM, 1994). Muitos estudos realizados em diversos tipos de praias arenosas oceânicas, em ambientes de micromaré, confirmam a formação e a migração de bancos arenosos durante eventos de alta energia

de onda, em que os bancos rítmicos migram em direção ao mar, tornando-se mais lineares, com perfil mais plano (LIPPMANN *et al.* 1993) e que, quando há um decaimento subsequente do nível de energia hidrodinâmico, a ocorrência do movimento contrário, com bancos arenosos sendo deslocados em direção à costa, tornando-se mais rítmicos (SHORT; AAGARD, 1993), concentrando o estoque de sedimentos cada vez mais próximo à face praial. Eventos erosivos intensos, com sequências que partem de estágios com menor nível de energia de onda para estágios com maior energia de onda, sugerem a ocorrência de “saltos morfológicos”, durante os quais o estado morfodinâmico antecedente da praia é alterado em escalas temporais muito pequenas, se comparados aos períodos de acreção da porção subaérea da praia (HOLMAN; SALLENGER, 1993).

2.2 Dunas costeiras

Dunas são depósitos de origem eólica, isto é, formas deposicionais ocasionadas pela ação do vento sobre superfícies compostas de sedimentos inconsolidados, como areias. Pavlopoulos *et al.*, (2009) destacam que dunas costeiras têm origem quando a areia seca do pós-praia é transportada pelo vento e encontra algum obstáculo durante esta movimentação. As dunas costeiras estão sujeitas à ação das ondas e cobertura vegetal que influenciam o seu tamanho (BIRD, 2008), podendo ocorrer em áreas costeiras com condições sazonais de baixa umidade.

As dunas costeiras compreendem dunas frontais incipientes, dunas frontais e campos de dunas transgressivas. As dunas frontais incipientes são dunas em recente desenvolvimento, formadas por comunidades de plantas pioneiras (HESP, 1999; HESP, 2004). Essas dunas surgem na faixa de praia entre as dunas frontais e o pós-praia e podem ser sazonais, mantidas apenas por um período do ano, dependendo da inserção de outras gramíneas que permitam a sua fixação e da ação marinha. Para Bird (2008), dunas frontais são cumes de areia acumulados logo após o

pós-praia, em que a vegetação colonizadora atua como um defletor, reduzindo a velocidade do vento, criando um ambiente propício para que a areia se deposite. As dunas frontais são eminentemente paralelas à linha costa e podem possuir cumes simétricos ou assimétricos, possuindo essas uma larga variação morfológica e ecológica (HESP, 1999). Short; Hesp (1982); Hesp (2012) relacionaram os estados morfodinâmicos praias com as dunas frontais, observando que praias refletivas de areia grossa e/ou praias de baixa energia hidrodinâmica exibem uma duna frontal estreita e estável. A amplitude vai aumentando em cada um dos estágios praias intermediários até chegar à praia dissipativa, de areias finas e alta energia hidrodinâmica, que exibem uma morfologia mais ampla do sistema praia duna. Nessa condição, as dunas frontais se tornam maiores e menos estáveis.

Para Hesp (1999), campos de dunas transgressivas são depósitos de sedimento eólico que podem variar de muito pequenos (algumas centenas de metros) até gigantescos (muitos quilômetros de extensão) e ocorrem em ambientes com alta energia de onda e ventos além de um grande aporte sedimentar, onde as formas deposicionais avançam conforme o vento, a umidade e a disponibilidade de areia. São mais comuns e extensas em costas desérticas, mas também podem ser encontradas em regiões úmidas, nas quais o aporte sedimentar é grande o suficiente para não ser totalmente estabilizado pela vegetação (BIRD, 2008).

Estudos como o de Mckee (1979) abordam formas dunares. Nos campos de dunas transgressivas, ocorrem diversas formas deposicionais (dunas parabólicas, dunas barcanas, dunas barcanoides, dunas transversais, lençóis de areia, bem como outras interações deposicionais). Dunas parabólicas, as quais exibem uma forma de lóbulo deposicional parabólico com dois braços de arrasto e uma bacia de deflação ou planície, contida dentro das cristas muitas vezes se formam próximos da linha de costa. Nessas porções, o vento migra em direção ao interior continental e leva areias da praia e da duna frontal, encontrando cobertura

vegetal que impede um transporte mais efetivo, livre. Dunas barcanas desenvolvem-se em ambientes de ventos unidirecionais moderados e fornecimento limitado de areia, tendo forma de meia lua, com suas extremidades voltadas no mesmo sentido do vento, com única face de deslizamento. Podem evoluir para cadeias barcanoides, conforme o maior fornecimento de areia. Dunas transversais são perpendiculares ao sentido preferencial do vento, sendo condicionadas por ventos frequentes e de direção constante, bem como suprimento contínuo e abundante de sedimentos. São o estágio evolutivo dos sistemas barcanoides, com redução do número de cristas. Já as dunas longitudinais (ou lineares) formam-se em regiões com abundante fornecimento de areia e ventos fortes e de sentido constante no ambiente em duas direções de vento a, aproximadamente, 90°. Podem atingir dezenas de quilômetros de comprimento e mais de 200 metros de largura, podendo ser confundidas com cordões litorâneos. Já os lençóis de areia são deposições de areia sem forma definida e geralmente rasos junto à superfície. Interações deposicionais são comuns gerando formas híbridas. Nos desertos, formam-se as cadeias estelares as quais possuem grande suprimento de areia alternada a diversas direções de vento predominante, apresentando 3 ou 4 cristas sinuosas com diversas fácies de deslizamento.

O movimento das dunas é frequentemente retido pela vegetação ou qualquer outro obstáculo como afloramentos rochosos. Porém, onde não há obstáculos, elas podem deslocar-se, seguindo a direção do vento predominante. Dunas entre 10-20m de altura tendem a migrar algo em torno de 1-10m por ano (BIRD, 2008). É importante ressaltar também que existem muitos registros do avanço de dunas recobrando diversas construções, vilarejos e áreas rurais, o que evidencia o rápido avanço das areias em poucas décadas (BIRD, 2008).

2.3 Barreira costeiras arenosas

As barreiras costeiras arenosas, assim chamadas pois atuam como uma barreira entre o mar e o continente, são acumulações detríticas subaéreas e subaquáticas de sedimentos, paralelas à linha de costa, formadas por ondas, marés e processos eólicos, com ou sem um corpo aquoso na retaguarda (HESP; SHORT, 1999). Quando isolam corpos hídricos, são chamadas de sistema barreira-laguna. Sua origem remete a discussões científicas, sendo a principal quanto a sua gênese com formação através de processos longitudinais à costa ou transversais à costa, ou ambos atuando conjuntamente. Os sedimentos que compõem a barreira podem ser depositados em diferentes ambientes como dunas, praias, canais de maré, deltas de maré, leques de sobrelavagem.

Segundo Dillemburg; Hesp (2009), os fatores que condicionam o desenvolvimento das barreiras costeiras arenosas são as variações no nível relativo do mar (NRM); o gradiente do substrato (planície costeira e plataforma continental com baixo gradiente e moderadamente estável); o suprimento de areia à praia (sedimentos de rios ou plataforma retrabalhado por ondas e deriva litorânea) e condições hidrodinâmicas favoráveis como ondas de moderada/alta energia e micro ou mesomaré (ambiente dominado por ondas).

Segundo Morton (1994), as barreiras costeiras podem ser classificadas como progradantes; retrogradantes ou agradantes. Barreiras progradantes têm como principal característica o desenvolvimento em direção ao oceano, fato que ocorre devido a um abundante aporte de sedimentos para o local ou pela descida do nível relativo do mar (NRM). A feição geomorfológica típica são os cordões litorâneos que podem ser formados por cristas de praia (*beach ridges*) ou cordões de dunas frontais (*foredune ridges*), em que a geometria da linha de costa tende a ser côncava. Segundo o mesmo autor, as barreiras retrogradantes, por sua vez, são as que, durante seu desenvolvimento, migram em direção ao

continente devido ao déficit sedimentar ou a pequenas elevações do nível marinho. Como feições geomorfológicas estão canais e leques de sobrelavagem, escarpas erosivas e depósitos de turfa junto à praia, com geometria da costa tendendo a convexa. Barreiras agradantes são aquelas que, durante seu desenvolvimento, mantiveram-se relativamente estáveis, ou seja, não migraram de forma significativa nem em direção ao continente nem em direção ao oceano. Representam o equilíbrio entre progradação e retrogradação.

Além desses três tipos principais, ocorrem barreiras com desenvolvimento lateral (flechas ou esporões arenosos), em que o papel da deriva litorânea tende a transportar os sedimentos de forma significativa rumo a uma direção; barreiras retrogradantes sobre a barreira do pleistoceno e barreiras conectadas diretamente ao embasamento cristalino (DILLEMBURG; HESP, 2009), em que a barreira em desenvolvimento tende a se acoplar à mais antiga ou ao cristalino, respectivamente.

2.4 Estuários

Estuários são parte de um sistema de vales inundados que são voltados para o mar e que recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, pelas ondas e pelos processos fluviais (DALRYMPLE *et al.*, 1992). Segundo Pritchard (1967), *apud* Miranda *et al.* (2002), em relação à ação da maré, os estuários podem ser subdivididos em estuário de micromaré, com amplitude de maré de até 2m; estuários de mesomaré, com amplitude de maré entre 2 e 4m; estuários de macromaré, com amplitude entre 4m e 6m. Nos estuários de micromaré, comuns no sul do Brasil, a dinâmica é dominada pela ação do vento e das ondas, e o efeito da maré fica normalmente limitado às proximidades da desembocadura do estuário. Já nos de macromaré, a circulação é dominada pelo efeito da maré e o efeito das ondas pode ser importante na boca do estuário.

Os estuários podem ser divididos em três setores: estuário fluvial (estuário superior), caracterizado por águas

continentais, mas sujeito à influência diária da maré; estuário médio, sujeito à forte mistura entre águas marinhas e continentais; estuário marinho (estuário inferior), com ligação livre com o oceano aberto (DIONNE, 1963 *apud* MIRANDA *et al.*, 2002). Na parte marinha dos estuários, formam-se as plumas, formações de água resultantes da descarga de água de baixa salinidade em águas com maior salinidade. A pluma pode se estender por muitos quilômetros e persistir por meses após o fluxo de água doce parar de ir em direção ao mar. Essas plumas são mais elevadas em nutrientes, turbidez e produtividade do que a água do mar circundante e podem, gradualmente, passar essas características para a água do oceano adjacente (<https://www.cmecscatalog.org>).

2.5 Ocupação humana e impactos ambientais

No que diz respeito à vida social, a zona costeira é uma área de grande atrativo para a ocupação, visto que, historicamente, constitui região/espço de adensamento populacional e de difusão de fluxos povoadores (MORAES, 2001).

Várias cidades e aglomerados urbanos se desenvolveram na zona costeira devido à implantação de estruturas industriais, terminais marítimos e complexos portuários, os quais atraíram grande número de pessoas em busca de trabalho e melhoria de vida (STROHAECKER, 2008). Nas zonas costeiras, são bastante comuns os imóveis de segunda residência e de veraneio, utilizados para atender a uma demanda específica de pessoas que procuram comodidade e uma fuga do ambiente urbano saturado. Esse processo ocorre devido à valorização cultural dos espaços litorâneos como áreas de lazer, recreação e turismo, o que acabou por impulsionar a implantação de loteamentos e empreendimentos imobiliários para fins de segunda residência (STROHAECKER, 2008). Nas últimas décadas, o turismo se configurou como um dos grandes impulsionadores da urbanização da zona costeira devido aos mais diversos atrativos naturais e potencialidades econômicas ligadas à atividade.

O Planeta Terra e, especificamente, as zonas costeiras, locais onde se desenvolvem boa parte das atividades humanas e que concentram a maioria da população, vêm passando por considerável processo de degradação ambiental, gerado pela crescente pressão sobre os recursos naturais e pela capacidade limitada dos ecossistemas em absorver os impactos antrópicos. No Brasil, impactos gerados pela utilização de forma inadequada dos espaços costeiros estão relacionados com a introdução de nutrientes, alteração ou destruição de ambientes, alterações na sedimentação, exploração de recursos, poluição industrial e a introdução de espécies exóticas. A construção de casas em áreas de alta sensibilidade ambiental (dunas, mangues e estuários, por exemplo), a falta de saneamento básico nas áreas urbanas e a agricultura, degradam os ambientes costeiros através da poluição orgânica, alteração na deposição de sedimentos e deterioração de áreas naturais (MMA, 2002).

Para Cunha; Guerra (1996), o crescimento populacional e a pressão que esse crescimento proporciona sobre o meio físico não são os únicos responsáveis pela degradação ambiental. Para esses autores, a degradação ambiental também pode ocorrer por processos naturais, mas o manejo inadequado do solo tende a intensificar esses processos, e essa intensificação é que pode trazer consequências desastrosas. No último século, houve aumento de temperatura da Terra e mais eventos como o *El Niño*, o que tem gerado aumento do nível relativo do mar e causado tempestades mais severas (IPCC, 2014). Essas mudanças climáticas globais, bem como os impactos locais, têm relação com o crescimento populacional e atividades humanas intensificadas desde a revolução industrial do século XVIII.

3 ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo, serão apresentadas a localização da área, bem como características e referências regionais importantes relacionadas ao quaternário costeiro, morfodinâmica de praias e dunas e rede hidrográfica.

3.1 Localização da área

As decolagens do drone sempre partiram da linha de costa oceânica do Estado do Rio Grande do Sul, especificamente, durante trabalhos de campo realizados nos balneários Mostardense, em Mostardas; Praia do Farol, em Tavares; Mar Grosso, em São José do Norte; Cassino, em Rio Grande; Hermenegildo e Barra do Chuí, em Santa Vitória do Palmar (Figura 1).

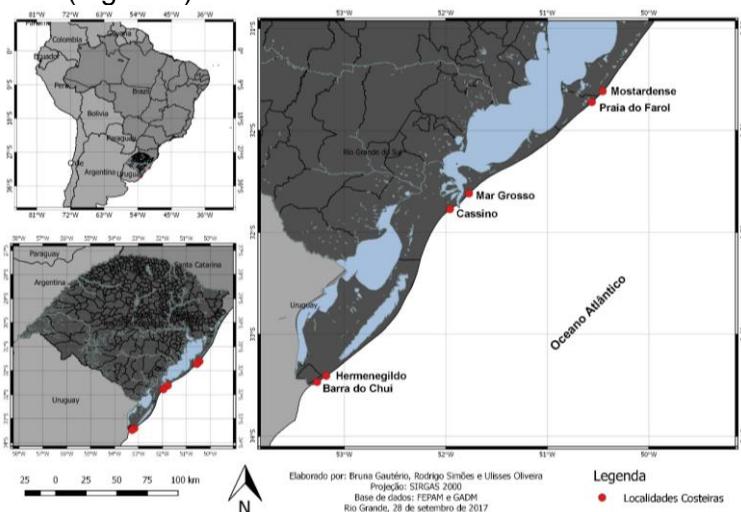


FIGURA 1 – Mapa de localização da área de estudo, destacando as localidades costeiras Mostardense, Praia do Farol, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí.

O balneário Mostardense localiza-se no município de Mostardas, costa central do Estado, de onde é possível chegar-se a partir da porção Sul da BR101. Partindo do centro da cidade, é necessário percorrer uma estrada com cerca de 14km de chão batido que recorta extensos campos de dunas. O balneário Praia do Farol pode ser acessado via Tavares por estrada de chão, com acesso precário. A partir do balneário Mostardense, é também possível acessar o balneário Praia do Farol, que fica a cerca de 14km ao sul, utilizando a faixa de praia. O balneário Mar Grosso situa-se em São José do Norte. Os principais acessos ao município são a BR101 e a balsa de ligação com o município do Rio Grande. Partindo do centro da cidade em direção à praia do Mar Grosso, a estrada tem parte asfaltada e parte de chão batido. A praia do Cassino situa-se no município do Rio Grande. Diferente das demais, sua localização próxima a Pelotas, Bagé, entre outras cidades, acaba culminando em um grande contingente populacional, sendo este segmento de costa analisado, o mais densamente ocupado. Pode se acessar a praia pela estrada do Porto e molhes da Barra ou pela RS734 que conecta o centro da cidade ao balneário, estrada atualmente asfaltada e duplicada. Os balneários do Hermenegildo e Barra do Chuí localizam-se em Santa Vitória do Palmar, no extremo sul do Estado, este último no segmento de costa mais meridional do Brasil. Vias asfaltadas conectam o centro da cidade à BR471. Estradas vicinais asfaltadas sem acostamento ligam a BR471 aos balneários, separadamente.

3.2 Quaternário costeiro

Esta área está situada na porção emersa da Bacia Sedimentar de Pelotas. Este segmento é marcado, do ponto de vista geomorfológico, pela presença de barreiras costeiras que isolaram grandes sistemas lagunares, tais como a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim. Esses sistemas deposicionais são chamados transgressivos-regressivos, isto é, são decorrentes da ação de transgressões e regressões do nível relativo do mar e/ou da linha de costa ocorridos, principalmente, durante

o Quaternário. As barreiras arenosas costeiras são compostas por vários subambientes, como dunas costeiras, canais de drenagem, desembocaduras lagunares, praias oceânicas e lagunares. Para Tomazelli; Villwock (2005), cada uma dessas barreiras, provavelmente se originou no limite atingido por cada transgressão marinha e foi preservada em função da posterior regressão, sendo essas associadas às variações climáticas, sobretudo nos últimos 500 mil anos. No Rio Grande do Sul, as barreiras foram denominadas, cronologicamente, em Barreira I, II, III e IV (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995), sendo a barreira I localizada nas proximidades de Porto Alegre, a mais antiga, e a barreira IV, que ocorre junto ao oceano em praticamente toda a costa do Rio Grande do Sul, a mais recente, de idade holocênica. O período Holoceno, referente aos últimos 10 mil anos até o presente, é caracterizado como interglacial, marcado por temperaturas e nível do mar mais elevados se comparados aos dos denominados períodos glaciais.

Segundo Dillemburg *et al.* 2005; Dillemburg *et al.* (2009), apesar de uma aparente homogeneidade da barreira holocênica do Rio Grande do Sul, denominada barreira IV, coexistem barreiras holocênicas progradantes, retrogradantes e agradantes. Esses autores realizaram uma compartimentação geomorfológica da costa do Rio Grande do Sul, identificando 4 setores, segundo as características principais da barreira holocênica. Entre Torres e Tramandaí, a linha de costa é côncava (embaiada), havendo presença de uma barreira holocênica progradante. Na região de Mostardas e Tavares, segmento onde se situam os balneários Mostardense e Praia do Farol, a linha de costa é convexa (projetada), apresentando campos de dunas transgressivas e barreira retrogradante, sobretudo ao sul dessa projeção costeira. Nas adjacências da desembocadura da Lagoa dos Patos, segmento onde se situam os balneários Mar Grosso e Cassino, a costa passa a ser novamente côncava (embaiada) e a barreira é progradante. No extremo sul do Estado, em Santa Vitória do Palmar, a linha de costa novamente passa a ser convexa (projetada), apresentando campos de dunas

transgressivas. Os balneários do Hermenegildo e Barra do Chuí situam-se ao sul dessa projeção costeira num segmento de barreira holocênica retrogradante.

3.3 Morfodinâmica de praias e dunas

Segundo Pereira *et al.* (2010), as praias oceânicas do Rio Grande do Sul são expostas à ação das ondas e compostas, predominantemente, por areia fina quartzosa, resultando, geralmente, em inclinações bastante suaves, tendo heterogeneidades ao longo da costa. Speranski; Calliari (2006) ressaltam que a linha de costa oceânica do Rio Grande do Sul apresenta áreas em erosão, estabilidade e acreção. Locais de severa erosão são encontrados em três pontos da costa do Estado, próximo ao farol de Mostardas, ao farol da Conceição e ao balneário Hermenegildo.

A costa do Rio Grande do Sul, de micromaré astronômica, é regularmente atingida por tempestades associadas a sistemas frontais e a ciclones extratropicais, que geram ondas provenientes do quadrante Sul (ROMEY *et al.*, 2010) e marés meteorológicas significativas com potencial para ocasionar erosão no perfil praias (CALLIARI; KLEIN, 1993; MELO *et al.*, 2016). Já processos de acreção estão comumente associados à baixa energia de onda, situação mais recorrente no verão. O transporte longitudinal de sedimentos de fundo ocorre em duas direções de SW-NE e NE-SW. Todavia, o transporte mais efetivo ocorre durante a passagem de frentes frias, transportando os sedimentos de SW para NE (CALLIARI; TOLDO JR. 2016). Na desembocadura da Lagoa dos Patos, destaca-se uma dinâmica um pouco particular, com maior aporte sedimentar e ocasionais depósitos de lama fluida, os quais impactam a praia (GOULART, 2014; CALLIARI *et al.*, 2016).

As dunas costeiras estão situadas, principalmente, sobre a barreira holocênica. Em alguns locais, elas ocupam toda a extensão da barreira, como em segmentos de barreira retrogradante, enquanto que, em outros locais, apenas a borda marinha, como em segmentos de barreira progradante.

Para Calliari *et al.* (2005), a orientação da linha de costa em relação aos ventos predominantes de nordeste são o fator mais relevante para a diferenciação na altura das dunas frontais.

3.4 Rede hidrográfica

Em relação à hidrografia, redes de canais conectam porções mais elevadas do relevo às lagoas ou ao oceano. Dentre os principais rios que desembocam nas lagoas costeiras estão os rios Jacuí, Camaquã, Piratini e Jaguarão. Os sistemas lagunares são relevantes na costa do Rio Grande do Sul.

No Estado, existe uma abundância de lagoas e lagunas costeiras, tanto com idades holocênicas como pleistocênicas, destacando-se, principalmente, Patos, Mirim e a Mangueira, três das maiores lagoas costeiras do Brasil. Também ocorrem outras lagoas e lagunas menores no terraço lagunar da barreira IV, de idade holocênica, como a do Peixe, de Bacopari, Caiubá e das Flores, dentre outras.

Salienta-se, ainda, as desembocaduras lagunares (LELIS; CALLIARI, 2006), dentre as quais destaca-se o estuário da Lagoa dos Patos e seus processos naturais e antrópicos relacionados (SEELINGER; ODEBRECHT, 2010). Este conecta boa parte da rede de drenagem fluvial e lagunar do Estado ao oceano adjacente. Junto à linha de costa, ocorrem os canais sangradouros que conectam áreas alagadas ou banhados à faixa de praia, fragmentando as dunas frontais (PEREIRA DA SILVA, 1998; FIGUEIREDO; CALLIARI, 2005).

4 FOTOGRAFIAS AÉREAS OBLÍQUAS E TEXTO

A seguir, serão apresentados os tópicos em geomorfologia observados na costa central e sul do Rio Grande do Sul, objetivo do livro, buscando, nesta sequência, a organização de uma ideia de como os processos costeiros e humanos agem sobre a costa, individualizados ou integrados. Optou-se por fazer um texto descritivo sem uso direto de referências bibliográficas, que são inúmeras na área, buscando tornar a leitura mais fluida conjuntamente com a observação das imagens.

Características e processos praias: Praia arenosa oceânica (4.1); Quebra de ondas (4.2); Erosão praias (4.3); Turfas na praia (4.4); Erosão em orla urbanizada (4.5); Berma de praia (4.6); Presença de algas na face da praia (4.7); Projeções costeiras e cúspides praias (4.8).

Processos eólicos sobre a planície costeira: Interação praia duna (4.9); Dunas frontais (4.10); Desestabilização de dunas frontais (4.11); Manejo das dunas frontais (4.12); Dunas transgressivas (4.13); Depósitos eólicos sobre a barreira costeira (4.14); Retenção dunar (4.15).

Processos e atividades estuarinas influenciando a faixa de praia: Depósitos de lama fluida (4.16); Lama fluída na faixa de praia (4.17); Banco de lama (4.18); Usos da faixa de praia (4.19); Dissipação de energia de onda (4.20).

Exemplos de desembocadura: Desembocadura lagunar (4.21); Desembocadura fluvial (4.22); Canal sangradouro (4.23); Desembocadura de canal sangradouro (4.24); Alagamentos e vazão (4.25).

Sistemas integrados: Sistemas integrados (4.26); Antropoceno (4.27); Utilização e conservação dos recursos costeiros (4.28).

4.1 Praia arenosa oceânica



FIGURA 2 – Praia do Mar Grosso, São José do Norte, em 6/12/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As praias arenosas da costa oceânica do Rio Grande do Sul são conhecidas pela relativa homogeneidade, não apresentando variações geomorfológicas bruscas em curto espaço. Predominam praias com múltiplos bancos de areia, geralmente alongados (formando bancos e cavas longitudinais), influenciados pela deriva litorânea. As praias tendem a dissipativas, nas quais as ondas dissipam sua energia durante algumas centenas de metros sobre os bancos e as cavas antes de espriarem na face da praia. A transferência lateral de água é grande, associada à incidência oblíqua das ondas, tanto de sul para norte quanto de norte em direção a sul. Esta fotografia, obtida no balneário Mar Grosso, em São José do Norte, em um dia ensolarado de primavera, demonstra uma praia bastante simétrica, com bancos e cavas longitudinais e uma suave topografia praial. As ondas provindas de leste/nordeste empinam com o vento proveniente da terra, refletindo na luz do sol, incidindo de forma oblíqua na face praial, gerando a deriva litorânea.

4.2 Quebra de ondas



FIGURA 3 – Ondulação ao largo do balneário Mostardense, Mostardas, em 8/7/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As praias são formadas e moldadas pelas ondas do mar. As ondas são formas de transferência de energia que podem viajar milhares de quilômetros até alcançar a costa. No Rio Grande do Sul, o período da onda, isto é, o tempo decorrido entre a passagem de duas cristas ou duas cavas sucessivas pelo mesmo ponto, pode variar de mais de 12 segundos durante as grandes ondulações a menos de 5 segundos de intervalo quando influenciadas apenas pelo vento local. Essa característica da costa gaúcha representa a mistura de vagas, geradas pelo vento local, e ondulações, provenientes de áreas mais distantes. Nesta fotografia, uma ondulação proveniente do quadrante sudeste, com 12s de período, atinge a costa oceânica de Mostardas no inverno de 2016. As ondulações provenientes de áreas mais longínquas apresentam cristas de onda mais retilíneas, avançando em séries mais organizadas do que as vagas. Essas grandes ondas têm significativa capacidade de moldar a costa. Ao atingirem a costa de Mostardas, essas ondulações encontram três bancos de areia, dissipando sua energia.

4.3 Erosão praial



FIGURA 4 – Erosão praial ao sul da Praia do Farol de Mostardas, Tavares, em 10/10/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Após eventos de alta energia de onda, as praias, na maioria das vezes, apresentam-se erodidas. Quando isso ocorre, as praias ficam mais planas e podem se formar escarpas na duna frontal, como se observa nesta fotografia, obtida nas proximidades de um antigo balneário, hoje abandonado, situado no município de Tavares. Quando essa erosão é persistente, há o deslocamento progressivo da linha de costa para o interior, o que pode expor, na praia, a vegetação que nasceu no reverso das dunas. Nesta fotografia, é possível observar uma vegetação na faixa de praia. Esse tipo vegetal observado não tem condições de nascer na praia. Ele nasceu atrás do cordão de duna frontal e, com o processo erosivo, a linha de costa acabou atingindo o local que antes era abrigado da ação marinha direta. Processos erosivos e deposicionais são característicos da dinâmica costeira. Na costa oceânica do Rio Grande do Sul, as taxas de variação espaço-temporal da linha de costa são reflexo de características geomorfológicas locais ou regionais e da interação atmosférica com a superfície marinha.

4.4 Turfas na praia



FIGURA 5 – Turfas na praia das Maravilhas, Santa Vitória do Palmar, em 26/9/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Em locais onde predominam processos erosivos frente aos deposicionais ao longo de muitos anos, pode ocorrer o que se chama de retrogradação da barreira holocênica. Nesses casos, a erosão praial pode expor depósitos formados distante da praia, como as turfás. Turfas são depósitos de matéria orgânica em ambiente de baixa energia, oriundos de bordas ou depressões lagunares ou banhados, localizados originalmente no reverso da barreira marinha. Turfa na praia representa a retrogradação da barreira, já que expõe, na faixa de praia, um ambiente formado na retaguarda das dunas. Estas podem ser ambientes de valor turístico e industrial, um indicador da história geológica e que apresenta beleza e detalhes únicos na paisagem. No centro desta fotografia, nota-se um esqueleto de baleia em meio às turfás, próximo da Barra do Chuí, na localidade chamada de “Maravilhas”. A erosão costeira é um processo sobretudo natural. Porém, o estabelecimento de formas de uso inadequadas (construções e/ou edificações), nas praias, fazem-na, erroneamente, um processo “vilão”.

4.5 Erosão em orla urbanizada



FIGURA 6 – Orla urbanizada no balneário do Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar, em 27/9/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Erosão praial em área urbanizada é um problema mundial. As mudanças climáticas parecem já estar gerando alterações na costa, sobretudo a acentuação da erosão e inundações. Em diversos locais do planeta, essa variação da costa é influenciada por inúmeras intervenções humanas, como a urbanização da orla, descaracterizando a linha de costa atual. O balneário do Hermenegildo, em Santa Vitória do Palmar, é conhecido pelo processo de erosão costeira. O caráter retrogradante da barreira, que pode ter relação com a quantidade de sedimentos que chega ao local atualmente, permite que os eventos de alta energia, pouco a pouco, consumam a costa emersa, inclusive as edificações. Os moradores têm tentado interromper o avanço marinho colocando estruturas de contenção a erosão costeira. A praia é, por vezes, muito estreita se comparada com as adjacências, já que as edificações estão hoje salientes na praia. As dunas permanecem apenas nas extremidades do balneário, sendo ainda abundantes nas áreas limítrofes, onde ocorrem praias mais naturais.

4.6 Berma de praia



FIGURA 7 – Berma no balneário Mostardense, Mostardas, em 12/1/2017.
Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Não só de erosão vivem as praias. A dinâmica dessas, remete a processos de erosão e deposição relacionados, principalmente, à ação marinha sobre a mesma. A berma é caracterizada como um depósito sedimentar marinho praiial paralelo à linha de costa na face da praia, oriunda da ação de ondas e correntes em praias com estágio morfodinâmico intermediário a refletivo. Trata-se de uma deposição sedimentar sazonal. Representa períodos de deposição, sobretudo em momentos de baixa energia de onda. Nesta fotografia, realizada no balneário Mostardense, a berma, situada próxima ao espraiamento das ondas, apresenta uma tonalidade clara, estando separada das dunas frontais por uma depressão em que estão minerais pesados, de cor preta, e matéria orgânica, de cor marrom escura, depositados em períodos anteriores. As bermas são feições comuns nas praias gaúchas durante o verão com o predomínio da baixa energia de onda no local.

4.7 Presença de algas na face da praia



FIGURA 8 – Algas na face da praia no balneário Mostardense, Mostardas, em 5/4/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

O deságue de rios e água subterrânea e o transporte de sedimentos sobre o fundo gera uma tonalidade majoritariamente marrom nas águas da costa oceânica do Rio Grande do Sul. As águas fluviais retrabalham o fundo e carregam sedimentos em suspensão. Já as ondas e correntes geram arraste de sedimentos do fundo. A proliferação de algas em determinados períodos gera um aspecto marrom ainda mais escuro, sendo popularmente conhecido como “chocolatão do litoral gaúcho”. Esse fenômeno ocorre durante eventos de ondulações acentuadas, cuja quebra propicia a ressuspensão de sedimentos de fundo onde a alga filamentosa *asterionellopsis glacialis* estava soterrada (permanecendo viva e incubada) nos sedimentos. O fundo sendo revolido pelas ondas traz essa alga para a superfície. Pelo fato de a mesma formar cadeias com muco, agrega partículas finas de silte e argila, originando, então, essa cor marron escura. Quando depositada na areia, essa alga pode formar, depois de seca, verdadeiras “crostas”.

4.8 Projeções costeiras e cúspides praias



FIGURA 9 – Projeção costeira e cúspides praias ao norte do balneário Mostardense, Mostardas, em 5/4/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As praias arenosas são corpos alongados, podendo apresentar curvaturas. A linha de costa oceânica do Rio Grande do Sul apresenta projeções e embaixamentos alternados com linha de costa, ora mais côncava, ora mais convexa. Células de erosão e sedimentação podem estar relacionadas às mesmas. Nesta fotografia, ao norte do balneário Mostardense, identifica-se uma projeção costeira, na qual a linha de costa é convexa, com dinâmica relacionada aos processos marinhos e eólicos. Os processos marinhos erosivos são mais acentuados ao sul da projeção e os processos eólicos mais acrescidos são dominantes ao norte da mesma. A deriva litorânea marinha resulta para norte enquanto que a ação eólica carrega as dunas para sudoeste. Na faixa de praia, também é possível observar pequenas projeções e embaixamentos, chamadas cúspides praias. Essas feições são comuns em praias arenosas. Nesta cena, obtida em Mostardas, após alguns dias subsequentes de ventos do quadrante leste/nordeste sobre a região, depósitos eólicos cobrem parte das cúspides praias.

4.9 Interação praia duna



FIGURA 10 – Sistema praia duna ao norte do balneário Mostardense, Mostardas, em 5/4/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As praias e as dunas têm diretas conexões. As ondas do mar levam a água até a base das dunas, levando ou tirando sedimentos. Em períodos de alta energia, as ondas geram escarpas nas dunas como descrito anteriormente. Quando a maré deixa de chegar até certo ponto e o tempo seca os sedimentos da praia emersa, as areias começam a se movimentar pela ação do vento, processo chamado de transporte eólico. Este pode transportar as areias da praia para a base das dunas frontais ou lateralmente na praia, e, por vezes, podem retornar das dunas para a praia. Esta fotografia foi obtida ao norte do balneário Mostardense, após a ocorrência de severos processos erosivos em 2016 que erodiram as dunas. Todavia, no momento da fotografia, esse segmento estava passando por um processo sazonal de deposição eólica na praia e parcial recomposição da duna frontal. A orientação da linha de costa em direção ao vento que carrega sedimentos no local, o chamado “nordestão”, que atua nas condições de tempo seco na região, pode influenciar na dimensão das dunas.

4.10 Dunas frontais



FIGURA 11 – Sistema praia duna ao sul do balneário do Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar, em 27/9/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A quantidade de sedimentos, a granulometria e a dinâmica das praias arenosas são a fonte para que a atuação do vento sobre a superfície gere as dunas costeiras. A vegetação auxilia no processo de fixação dos sedimentos, mas não é capaz de combater a ação marinha. As dunas frontais, ou antedunas, estabelecem-se paralelas à linha de costa, como nesta fotografia, obtida ao sul do balneário do Hermenegildo. Há diversas formas e processos erosivos e acrescivos envolvidos nas dunas frontais, sendo essas feições de influência marinha e eólica com forma tridimensionalmente variável. Na costa oceânica do Rio Grande do Sul, as condições meteorológicas são marcadas por grandes variações, suficientes para gerar dunas e banhados costeiros. As pequenas drenagens costeiras de primeira ordem, chamadas sangradouros, conectam áreas úmidas situadas na retaguarda ao mar, gerando cortes no campo de dunas frontais. É importante manter as dunas e as drenagens preservadas visando manter a qualidade ambiental da linha de costa.

4.11. Desestabilização das dunas frontais



FIGURA 12 – Desestabilização das dunas frontais ao norte do balneário do Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar, em 27/9/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As dunas costeiras abrigam diversas espécies vegetais e animais, sendo esses ecossistemas muito importantes por sua riqueza biológica, depósitos de água subterrânea e proteção da costa a retroterra das ações marinhas diretas. Ao norte do balneário do Hermenegildo, dunas frontais vêm sendo desestabilizadas. Ações naturais e antrópicas podem estar intercaladas no processo. Esse segmento é caracterizado pela erosão costeira, que erode as dunas frontais e transporta os sedimentos eólicos também para retroterra. Turfeiras sob as dunas podem, em certos momentos, acelerar o deslocamento dunar. Processos antrópicos podem somar-se a essa vulnerabilidade. A criação de gado ocasiona pisoteio e perda de vegetação pioneira, enquanto que motos, carros e pessoas geram trilhas nas dunas. Isso pode propiciar maior transporte de sedimentos eólicos para o interior em maior proporção do que o naturalmente esperado. Tais aspectos vêm desestabilizando as dunas frontais, aquelas situadas mais próximas à praia.

4.12 Manejo de dunas frontais



FIGURA 13 – Dunas frontais após manejo no balneário do Mar Grosso, São José do Norte, em 9/7/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Apesar da ocupação junto ao mar não ser tão expressiva na costa central e sul do Estado, há cerca de 10 localidades com urbanização nesse segmento de costa. Geralmente, entre a urbanização e a praia existe um pequeno trecho de dunas, como ilustrado nesta fotografia, obtida do balneário Mar Grosso, em São José do Norte. Nesse local, as dunas foram completamente suprimidas no passado, quando os sedimentos inconsolidados conectavam a praia até a urbanização, soterrando edificações. Posteriormente, houve um plano de manejo de dunas com auxílio da sociedade local. Esse fato foi relevante no processo de restauração ou regeneração das dunas, que foram fixadas com vegetação. As dunas relativamente estabilizadas pela vegetação propiciam segurança à ocupação, uma vez que não ficam tão vulneráveis a eventos de alta energia de ondas que são absorvidas pelas dunas, as quais atuam como barreiras naturais entre o oceano e a urbanização, e, principalmente, não sofrem mais processo de soterramento eólico. Manter as dunas frontais é fundamental para a urbanização à retaguarda e para o ecossistema costeiro.

4.13 Dunas transgressivas



FIGURA 14 – Dunas transgressivas próximas à Lagoa do Peixe, entre Mostardas e Tavares, em 4/10/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Em certos segmentos da planície costeira do Rio Grande do Sul, ocorrem amplos depósitos eólicos, podendo ser distinguidas dunas embrionárias (formadas na própria praia), dunas frontais (junto à praia), dunas parabólicas, dunas barcanas, dunas ou cadeias barcanoides e lençóis de areia (formadas sobre a planície costeira). Na barreira holocênica, ao sul da Praia do Farol, situada no município de Tavares, campos de dunas móveis ou transgressivos “caminham” por sobre a planície costeira. Dunas barcanas e cadeias barcanoides migram de nordeste para sudoeste (da direita para a esquerda da fotografia) devido à atuação do vento nordeste, que predomina em períodos com maior radiação solar (primavera e verão), menor umidade do ar e pouca chuva nas semanas ou dias que antecedem sua atuação, fato que favorece a movimentação dos sedimentos e a própria formação das dunas.

4.14 Depósitos eólicos sobre a barreira costeira



FIGURA 15 – Sistema barreira laguna de idade holocênica, próximo à Lagoa do Peixe, Tavares, em 10/10/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A ação dos processos marinhos e eólicos formam sistemas deposicionais. As barreiras arenosas costeiras são corpos alongados, paralelos à linha de costa formadas, principalmente, pela ação marinha. Grande parte dessas barreiras isolam corpos lagunares do oceano adjacente, como é o caso da Lagoa do Peixe, situada no município de Tavares, litoral central do Estado. Variações do nível do mar e transporte de sedimentos marinhos e eólicos deixaram como registro diversas barreiras. Além desta, de idade holocênica, há outras de idades pleistocênicas situadas em patamares mais elevados da planície costeira. Cada barreira é composta por um mosaico de ambientes. Nesta fotografia, pode-se identificar alguns desses ambientes que compõem uma barreira, como a faixa de praia e a presença de cobertura vegetal, destacando-se os depósitos eólicos sobre a barreira. Dunas transgressivas e lençóis de areia compõem, aqui, uma complexa dinâmica de transporte sedimentar por ação eólica.

4.15 Retenção dunar



FIGURA 16 – Retenção mecânica das dunas ao norte de Mostardas, em 5/11/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As dunas são ambientes sedimentares dinâmicos. Esta fotografia mostra um deslocamento das dunas de nordeste para sudoeste. Entre as dunas frontais e os campos de dunas transgressivos, podem se formar trechos vegetados na planície, chamados de corredores de deflação. Com o aumento da temperatura, da umidade/precipitação e/ou promovidos por ações humanas de urbanização, canalização e plantio de vegetação exótica, esses têm-se ampliado na planície. Além do crescimento dos chamados corredores de deflação, a colocação de objetos mais estáveis na paisagem pode favorecer a retenção das dunas. Nesta fotografia, obtida em Mostardas, próximo à localidade chamada São Simão, a vegetação exótica, propositalmente, é fixada, como um muro, visando reter o transporte eólico, favorecendo, no caso, a drenagem ao sul. Tal ação é realizada desde a metade do século passado no Estado, propiciando a ocupação em áreas dinâmicas com alta mobilidade sedimentar.

4.16 Processos estuarinos na praia



FIGURA 17 – Atenuação de energia de onda na praia do Cassino, Rio Grande, em 19/5/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Diversos e complexos processos naturais e antrópicos interagem no chamado estuário da Lagoa dos Patos. Esta fotografia foi obtida na praia do Cassino, que estende sua urbanização por quase 10 km em quadras regulares ao longo da costa. Podemos observar as dunas costeiras, que também passaram por processo de regeneração, e, ao fundo, a desembocadura da Lagoa dos Patos, os molhes da Barra e o Porto do Rio Grande. No momento da foto, a praia estava numa situação de baixa energia havia 2 anos, devido à deposição de lama fluida em extensos segmentos da praia. Na foto, as ondas sofrem completa atenuação ao adentrar no bolsão de lama fluida. A falta de energia na área do bolsão de lama soldado à praia subaérea, propicia o aumento da largura da mesma. Pequenas dunas se formaram próximas ao mar. Esta foto demonstra uma ondulação de sul. Posteriormente a essa data, uma série de ciclones extratropicais e ondas de alta energia, também provenientes do quadrante sul, removeram parte da zona de atenuação e as ondas retornaram a este segmento da praia.

4.17 Lama fluida na faixa de praia



FIGURA 18 – Lama fluida na praia do Cassino, Rio Grande, em 19/5/2016.
Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A presença de lama fluida na praia do Cassino no outono de 2016 junto com uma ondulação de sul atuante criaram contrastes na superfície do mar. Esta fotografia mostra, ao fundo, o mar mais limpo, onde as ondulações conseguem se propagar. Próximo à zona de arrebentação, a tonalidade fica mais marrom. Na parte central, há uma faixa marrom mais escura, no local em que as ondas retrabalham mais o fundo lamoso e deixam de se propagar. Já mais próximo à praia, a lama com menor movimentação fica com tonalidade marrom, criando um contraste. Esses segmentos geram riscos a banhistas, surfistas e pescadores que podem ficar presos na lama. Deposições dessa magnitude são cada vez mais frequentes e em maior volume desde o final do século passado e início do atual, indicando, assim, uma possível ação antrópica sobre a zona costeira.

4.18 Banco de lama



FIGURA 19 – Depósito de lama em consolidação na praia do Cassino, Rio Grande, em 3/8/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Durante o ano de 2016, diversas ondulações de alta energia, associadas a ciclones extratropicais, transportaram depósitos de lama fluida da antepraia em direção à face da praia e praia subaérea. Em agosto de 2016, pôde-se observar a presença de bancos lamosos na zona de surfe. Nestes, ocorrem leques de sobrelavagem, mostrando a ação das ondas. Esta fotografia representa a transição entre a completa atenuação anterior e a reincidência das ondas na praia, no momento em que as ondas já conseguiam quebrar ao longo da praia atrás do banco de lama. Já em direção à praia, as condições ainda eram de ambiente de baixa energia com linhas de maré e dunas sobre a faixa de praia. Posteriormente, esses depósitos foram parcialmente depositados na praia e recobertos por depósitos arenosos por ondas e ventos.

4.19 Usos da faixa de praia



FIGURA 20 – Ondulações na praia do Cassino, Rio Grande, em 22/9/2016.
Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As praias do extremo sul do Brasil são utilizadas pelo ser humano para vários fins, como pesca, recreação e lazer, dentre as quais a realização de atividades físicas em terra ou no mar. A praia do Cassino é tomada por milhares de pessoas especialmente durante os fins de semana nos períodos de verão. Bares e restaurantes móveis, atividades sociais, banhistas, nadadores, ciclistas, pescadores, surfistas de várias modalidades e velejadores compartilham a costa. No inverno, a praia é menos frequentada, destacando-se o seu uso por pescadores e surfistas. Nesta fotografia, um dia com ondulações próximas à costa, na primavera de 2016, propiciando a prática do surfe, após esse segmento passar mais de dois anos sem ondas junto à costa. A palavra *surf*, além de indicar um esporte aquático, também define um setor da praia, entre a zona de quebra das ondas e a porção emersa da praia. Nesse período, a energia das ondas na costa ainda encontrava depósitos de lama fluida no leito, atenuando sua energia.

4.20 Dissipação de energia de onda



FIGURA 21 – Quebra de ondas durante alta energia de onda na praia do Cassino, Rio Grande, em 29/10/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Na praia do Cassino, as presenças de areias finas em abundância geram uma praia com ampla zona de dissipação de energia de onda. Durante tempestades, é a praia com a zona de arrebentação mais larga da costa sul-rio-grandense. Nesse local, as ondas são mais suaves, com maior ação do fundo plano sobre sua dissipação na costa. Nesta fotografia, grandes ondas dissipam sua energia sobre uma ampla zona de surfe 24 horas depois de uma incidência de ondulações, entre as maiores já registradas no sul do Brasil, ocorridas entre 27 e 28 de outubro de 2016. Uma sequência de eventos de alta energia de onda atingiu a praia do Cassino nesse ano, sendo este o de maior magnitude. Foram medidas ondas superiores a 5 metros pelo ondógrafo do Projeto Rede Ondas, situado a 10 km da costa, ao largo dos molhes da Barra do Rio Grande. Abaixo na fotografia, podemos observar cores mais escuras na água, provavelmente influência de uma mistura de lama fluida bem diluída com algas marinhas ressuspendidas do leito marinho raso e também o impacto do evento sobre as dunas.

4.21 Desembocadura lagunar



FIGURA 22 – Desembocadura da Lagoa do Peixe, Tavares, em 10/10/2016.
Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

As desembocaduras lagunares cortam as barreiras, conectando as lagunas costeiras ao mar. Essa conexão diferencia uma laguna de uma lagoa costeira. Correntes fluviolagunares, interagindo com a deriva litorânea geram meandros. A maior e mais conhecida é a desembocadura da Lagoa dos Patos, onde se situa a cidade e o porto do Rio Grande. Na região, há outras lagunas com desembocaduras importantes, tais como a desembocadura da Lagoa do Peixe, situada em Tavares, destacada nesta fotografia. Localizada dentro de um Parque Nacional, essa desembocadura, por anos, abrigou uma importante localidade de pesca artesanal. Neste local diversas espécies de aves buscam alimentação e descanso. Problemas ambientais variados ocorrem na costa gaúcha. No entanto, há de se destacar, também, certos locais onde os ecossistemas são bem preservados como esse. Parques e áreas de preservação são necessários quando há fragilidade ou aspecto distinto, ambos de ocorrência nessa desembocadura lagunar, propiciando a manutenção ambiental da área.

4.22 Desembocadura fluvial



FIGURA 23 – Desembocadura do Arroio Chuí, Santa Vitória do Palmar, em 18/6/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Além das desembocaduras lagunares, predominantes na planície costeira do Rio Grande do Sul, onde ocorrem lagoas e lagunas costeiras, alguns sistemas fluviais chegam à linha de costa. Nesta fotografia, observa-se a desembocadura do Arroio Chuí, fronteira Brasil – Uruguai. Outras desembocaduras fluviais na região ocorrem na desembocadura dos rios Mampituba, limite entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Canal Andreoni, a sul do Arroio Chuí, no Uruguai, e do Rio Araranguá, a norte do Mampituba, em Santa Catarina. Na parte mais próxima ao mar, esses canais são deslocados para norte, devido à ação da deriva litorânea. No Arroio Chuí, ocorreram processos de dragagem do canal mais a montante do sistema fluvial e o enrocamento da desembocadura para delimitação de fronteira administrativa. Duas localidades marcam a paisagem, a Barra do Chuí, situada no lado brasileiro sobre depósitos pleistocênicos e, ao fundo, a Barra del Chuy, no Uruguai.

4.23 Canal sangradouro



FIGURA 24 – Desembocadura de um canal sangradouro junto aos destroços do Navio Altayr, ao sul do balneário Cassino, Rio Grande, em 10/11/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A costa do Rio Grande do Sul é marcada por praias e dunas que se dispõem ao longo da costa. Diversas vezes, estas são interrompidas por pequenas redes de drenagem, chamadas canais sangradouros, os quais levam o excedente hídrico da planície costeira para o oceano. Algumas dessas drenagens são expandidas e/ou canalizadas a montante, pela ação humana. Esse aspecto aumenta o fluxo d'água para o oceano, visto ser objetivo da mesma. Essa situação ocorre em um sangradouro distante 18 km do balneário Cassino, junto aos destroços do naufrágio do Navio Altair, ponto turístico local, situado na face da praia. Nesta fotografia, é possível ver, mais a montante, o leito do canal com meandros e bancos de areia, áreas erosivas e deposicionais, bancos fluviais e vegetação ciliar. Mais para a desembocadura, ocorre a mudança de orientação do canal, dada a ação marinha, que o leva para norte, onde desenvolve outros meandros. Sedimentos carregados de nordeste para sudoeste pelo vento compõem a paisagem.

4.24 Desembocadura de canal sangradouro



FIGURA 25 – Desembocadura de um canal sangradouro na localidade da Querência, praia do Cassino, Rio Grande, em 3/8/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Uma drenagem costeira encontra a praia após passar pela localidade da Querência, trecho sul da orla do balneário Cassino, e, posteriormente, pelo cordão de dunas frontal. Um alvo laranja (2m x 2m) está na base desta fotografia. Em momentos de maior incidência de chuva, os níveis do lençol freático são elevados na região. Nesses períodos, as pequenas redes de drenagem são mais ativas, apresentando, também, níveis mais altos. Ações humanas de canalização abrangem mais área de captação de água a montante, aumentando mais sua vazão. A urbanização sem saneamento básico adequado pode contaminar as águas dessas drenagens. Nesta desembocadura, onde também há sinais de retificação do leito, os depósitos arenosos marinhos interceptam o fluxo pluvial, criando um pequeno leque entre a base das dunas frontais e a berma da praia.

4.25 Alagamentos e vazão



FIGURA 26 – Alagamento da planície costeira após dias de forte precipitação ao largo do balneário Cassino, Rio Grande, em 14/8/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A baixa elevação do terreno deixa áreas costeiras vulneráveis a alagamentos e inundações. Esta fotografia destaca o balneário Cassino, situado no segmento ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos. Esse é o segmento que apresenta as menores cotas altimétricas dentre as barreiras costeiras do Holoceno no Rio Grande do Sul. Essa baixa elevação do terreno deixa essas áreas alagadas após significativas precipitações. Com a urbanização, que é geralmente precedida de pequenos aterramentos, a alternativa governamental acaba sendo criar ou aumentar as drenagens (canais sangradouros) e, assim, dar maior vazão à água das chuvas. Na fotografia, percebe-se uma dessas canalizações num dia após elevada precipitação. Com a possível subida do nível relativo do mar, para as próximas décadas, deve-se estar atento a essas áreas de baixa elevação de terreno, mantendo a ocupação o mais afastada possível da costa e preservando o cordão dunar, que serve, dentre outras, de proteção da área urbana.

4.26 Sistemas integrados



FIGURA 27 – Ondas, correntes de deriva litorânea, drenagens, dunas e urbanização no balneário Mostardense, Mostardas, em 8/7/2016. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A orla costeira é palco de processos integrados, os quais variam em diversas escalas espaço-temporais. Nesta fotografia, obtida no balneário Mostardense, ondas do mar avançam sobre a praia, tendo, recentemente, atingido a base das dunas e os canais sangradouros. Diversas atividades humanas ao redor do Planeta podem estar ampliando ou mesmo gerando mudanças climáticas, podendo culminar na subida do nível relativo do mar e aumento dos chamados eventos meteorológicos extremos. Edificações sobre o cordão de dunas junto com vegetação exótica e arruamentos são influências humanas diretas no segmento. Uma canalização da porção superior de um dos canais sangradouros, visando diminuir alagamentos e propiciar o uso da terra, aumentando a vazão do canal pode ser observada. Os sensíveis depósitos eólicos acabam sendo influenciados por diversos processos, sendo, aqui, impactados pela erosão, ocasionada pelo oceano, e pela urbanização da orla.

4.27 Antropoceno



FIGURA 28 – Molhes da Barra do Rio Grande visto a partir da praia do Cassino, Rio Grande, em 10/11/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

Atualmente, mais de 7 bilhões de pessoas habitam o Planeta Terra, consumindo os mais variados recursos naturais para sobrevivência e satisfação. Diversas atividades antrópicas geram alterações nos complexos e integrados sistemas costeiros. Na zona costeira, a navegação é sempre destaque, pois foi a partir dela que se deu boa parte da distribuição da ocupação humana na zona costeira da forma que é distribuída hoje. Nesta fotografia, uma grande obra de engenharia costeira, os Molhes da Barra do Rio Grande, que avançam mais de 4 km mar adentro. Construídos com objetivo de possibilitar a entrada de navios com segurança na costa, por eles passam embarcações de diversos calados, desde pequenos barcos de pesca a grandes navios de transporte de carga. Essa obra, bem como sua ampliação e sucessivas dragagens, gerou alterações na desembocadura e na dinâmica do estuário da Lagoa dos Patos, afetando, sobremaneira, o ambiente natural. Ações humanas devem ser feitas com prudência e respeito aos processos costeiros e meio ambiente, visando minimizar os impactos sobre o complexo sistema costeiro e as demais atividades que dele dependem.

4.28 Utilização e conservação dos recursos costeiros



FIGURA 29 – Molhes da Barra do Rio Grande vistos a partir da praia do Mar Grosso, São José do Norte, em 23/11/2017. Foto: Ulisses Oliveira e Rodrigo Simões.

A zona e a orla costeiras, naturalmente são marcadas pela diversidade, complexidade e sensibilidade. Já o Antropoceno é definido pela marcante presença humana sobre a superfície, introduzindo novas variáveis ambientais. Nesta fotografia, destacam-se áreas de grande utilização e de conservação ambiental lado a lado. O canal de acesso serve ao principal porto do Estado do Rio Grande do Sul, sendo também utilizado por pescadores e outras formas de embarcação. As praias, junto aos molhes, são utilizadas por surfistas, pescadores e pessoas que vêm apenas aproveitar a paisagem peculiar. Em relação à conservação, destacam-se os pontais arenosos da entrada da Lagoa dos Patos, pequenas barreiras de desenvolvimento lateral que servem de paradouro de aves costeiras. Esses pontais sofrem alterações decorrentes da ação das ondas, correntes e marés, avançando em direção ao interior lagunar. Já parte do chamado Molhe Leste é ocupado por leões-marinhos (*Otaria flavescens*), sendo também uma área restrita à presença humana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas vezes, do solo não percebemos características como os contrastes e dinâmica marinha, as praias arenosas também com suas variações, diversas formas de dunas, as barreiras costeiras isolando sistemas lagunares, pontais arenosos, a riqueza da rede hidrográfica etc.

As fotografias oblíquas, embora não forneçam dados quantitativos, no sentido da mensuração, demonstram, visualmente, uma riqueza natural e a beleza cênica desses segmentos de costa.

Após observarmos atentamente as fotografias deste livro, parece fazer mais sentido o porquê de as aves costeiras gostarem tanto deste local. Há beleza e riqueza natural na área! A diversidade desta planície, bem como sua vulnerabilidade, pois trata-se de um mosaico de sensíveis ecossistemas, que sofrem ações antrópicas sucessivas, devem ser consideradas relevantes, visando a sua preservação.

Impactos ambientais estão diretamente relacionados à presença humana, que compacta o solo, remove cordões de dunas, canaliza, altera e polui redes de drenagem, constrói estruturas rígidas, tentando fixar uma dinâmica linha de costa, aterriza áreas úmidas e coloniza áreas de dunas com espécies exóticas. No local, destacam-se a urbanização, a plantação industrial de pinheiros (*pinus elliotti*), a vegetação utilizada para estabilizar as dunas, a pesca industrial e a artesanal, a criação de gado, as dragagens das redes de drenagem e a circulação de veículos automotores sobre praias e dunas. Felizmente, esses ainda não apagaram as características geomorfológicas principais desta costa.

6. BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, M.G.; ESPINOZA, J.M.A.; OLIVEIRA, A.; CORRÊA, I.; CALLIARI, L.J. 2013. Erosion or Coastal Variability: an evaluation of the DSAS and the Change Polygon methods for the determination of erosive processes on sandy beaches. **Journal of Coastal Research**, v. 65, p. 1710-1714, 2013.

BIRD, E.C.F. **Coastal geomorphology**: an introduction. Second edition. Wiley, 2008. 436p.

BRASIL. **Decreto nº 5.300**, de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira, estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. 2004, <www.planalto.gov.br>.

CALLIARI, L.J., KLEIN, A.H.F. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 20, p. 48-56, 1993.

CALLIARI, L.R.; PEREIRA, P.S.; DE OLIVEIRA, A.O.; FIQUEIREDO, S.A. Variabilidade das Dunas Frontais no Litoral Norte e Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre: **Gravel**, v. 3, p. 15-30, 2005.

CALLIARI, L.J.; TOLDO JR, E.E. Chapter 18 – Ocean Beaches of Rio Grande do Sul. In: SHORT, A.D. & KLEIN, A.H.F. (Org.) **Brazilian Beach Systems**. Springer, Boca Raton, Florida – USA, 2016. p. 1-36.

CALLIARI, L.J.; MACHADO, A.; MARROIG, P., VINZON, S., GIANUCA, N. Mud deposits at Cassino Beach: Natural versus anthropic. **IANC-COPEDEC IX**, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia e Meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

DALRYMPLE R.W., ZAITLIN B.A., BOYD, R. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal Sedimentary Petrology**. v. 62, p. 1130-1146, 1992.

DILLENBURG, S.R. TOMAZELLI, L.J., MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G. Modificações de Longo Período da Linha de Costa das Barreiras Costeiras do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **Gravel**, v. 3, p. 9-14, 2005.

DILLENBURG, S.R., BARBOZA, E.G., TOMAZELLI, L.J., HESP, P.A.,

CLEROT, L.C.P.; AYUP-ZOUAIN, R.N. Chapter 3 – The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: DILLEMBURG, S.R.; HESP, P.A. (Org). Springer. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Berlin, 2009. p. 53-91.

DILLEMBURG, S.R. & HESP, P. **Geology and geomorphology of holocene coastal barriers of Brazil**. Springer, 2009. 390p.

FIGUEIREDO, S.A.; CALLIARI, L.J. Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. **Gravel**, v. 3, p. 47-57, 2005.

GOULART, E.S. **Variabilidade morfodinâmica temporal e eventos de inundação em um sistema praiial com múltiplos bancos**. Tese de Doutorado. FURG, Rio Grande, RS, 2014, 143p.

HESP, P.A. The Beach Backshore and Beyond. In: SHORT, A.D. (Org.) **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Chichester, England: Wiley, 1999. p. 145-169.

HESP P.A.; SHORT A.D. Barrier morphodynamics. In: SHORT A.D. (Org.) **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. John Wiley & Sons, Chichester, 1999. p. 307–333.

HESP, P.A. Coastal dunes in the Tropics and Temperate Regions: Location, Formation, Morphology and Vegetation Processes. In. MARTINÉZ, M.L. & PSUTY, N.P. (Org.) **Coastal dunes – Ecology and Conservation**. Berlin: Springer, 2004. p. 29-45.

HESP, P.A. Surfzone-beach-dune interactions. **Jubilee Conference Proceedings, NCK-Days**, p. 35-40, 2012.

HOEFEL, F.G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Trabalho de Conclusão de Curso. FURG, Rio Grande, RS, 1995. 71p.

HOLMAN, R.R.; SALLENGER JR., A.H. Sand bar generation: a discussion of the Duc experiment series. **Journal of Coastal Research**, v. 15, p. 76-92, 1993.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (Orgs.). IPCC, Geneva, Switzerland, 2007, 104 pp.

KOERNER, K.F.; OLIVEIRA, U.R.; GONÇALVES, G. Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13(4), p. 457-471, 2013.

LÉLIS, R.J.F.; CALLIARI, L.J. Historical Shoreline Changes Near Lagoonal and River Stabilized Inlets in Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 39, p. 301-305, 2006.

- LIPPMANN, T.C.; HOLMAN, R.A.; HATHAWAY, K.K. 1993. Episodic, nonstationary behaviour of a double bar system at Duck, N.C., U.S.A., 1986-1991. **Journal of Coastal Research**, v. 15, p. 49-75, 1993.
- MCKEE, E. Introduction to a Study of Global Sand Seas. In: McKee, E. (Org.) **A Study of Global Sand Seas**. Geological Survey Professional Paper 1052, 1-21, 1979.
- MIRANDA, L.B.; CASTRO B.M.; KJEFVE, B. **Princípios de oceanografia física para estuários**. EDUSP, 2002, 427p.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: Edições Ibama, 2002. 447p.
- MORAES, A.C.R., 2001. Classificação das praias brasileiras por níveis de ocupação: proposta de uma tipologia para os espaços praias. In: **Projeto Orla: subsídios de um projeto de gestão**. Ministério do Meio Ambiente, 2001. p. 31-42.
- MORTON, R.A. Texas Barrier. In: Davis, R.A. (Org.). **Geology of Holocene Barrier Island System**. Springer-Verlag, Berlin, 1994. p. 75-114.
- PAVLOPOULOS, K.; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Mapping Geomorphological Environments**. Athens: Springer, 2009. 247p.
- PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J.; BARLETTA, R.C. Heterogeneity and homogeneity of Southern Brazilian beaches: A morphodynamic and statistical approach. **Continental Shelf Research**, v. 30(3-4), p. 270-280, 2010.
- PEREIRA DA SILVA, R. 1998. **Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio Grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS**. Dissertação de Mestrado. UFRGS, Porto Alegre, RS, 1998. 146p.
- ROMEU, M.A.R.; FONTOURA, J.A.S.; MELO FILHO, E.; MACHADO, V.B. Estimativa dos cenários característicos de agitação marítima para a região oceânica do RS utilizando dados de reanálise do modelo WW3. **Vetor**, v. 21(1), p. 91-109, 2012.
- SEELINGER, U.; ODEBRECHT, C. **O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações**. Editora da FURG, 2010. 210p.
- SHORT, A.D.; HESP, P.A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, p. 259-284, 1982.
- SHORT, A.D.; AAGARD, T. Single and multi-bar beach changes model. **Journal of Coastal Research**, v. 15, p. 141-157, 1993.
- SHORT, A.D. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Chichester, 1999. 379p.
- SHORT, A.D. Australia beach systems – the morphodynamics of wave through tide – dominated beach – dune systems. **Journal of Coastal Research**, v. 35, p. 7-20, 2000.

SPERANSKI N.S.; CALLIARI, L.J. Padrões de refração de ondas para a costa do Rio Grande do Sul e sua relação com a erosão costeira. In: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 446-454.

STROHAECKER, T.M. 2008. Dinâmica populacional. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J.L. (Org.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008. p. 59-75.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Mapeamento Geológico de Planícies Costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. **Gravel**. v. 3, p. 109-115, 2005.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI L.J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **Notas Técnicas**. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CECO/IG/UFRGS, v. 8, 45p, 1995.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1984. Morphodinâmics variability of surf zones in Australia. In: KOMAR, P.D. (Org.), **Handbook of coastal processes and erosion**. CRC Press, Boca Raton, Flórida, 1984. p. 35-64.

Sites consultados:

<https://www.cmecscatalog.org>

APÊNDICE

Segurança e procedimentos de voo com drone

As fotografias aéreas contidas neste livro foram adquiridas a partir de uma Aeronave Remotamente Pilotada, popularmente chamada de drone, modelo DJI® Phantom 3 Professional (Certidão de cadastro na Agência Nacional de Aviação Civil – PP-001041977). Atualmente, há milhares de drones operando no planeta. Os drones podem variar em tamanho, alcance e utilização, de pequenos para fins de recreação a grandes aeronaves para incursões militares. O uso desses equipamentos tende a se proliferar, podendo ocasionar riscos ao meio ambiente, às vidas humanas e trazer danos materiais. Por isso, é necessário ficar atento aos procedimentos de voo, a segurança e regularizar o equipamento. Primeiramente, realizar cursos e leitura atenta do manual do equipamento. Cada plataforma tem suas características e antes do primeiro voo é necessário informar-se bem do que pode ocorrer. Além disso, é aconselhável que se realize testes próximos ao solo em áreas seguras. É necessário ter habilidades com geolocalização, manuseio de controles remotos, domínio da língua inglesa e de computação. É importante salientar que, nas fotografias exibidas neste livro, quase não são observadas pessoas ou carros. Isso foi um dos aspectos relevantes, não colocar ninguém em risco. O segundo aspecto são os locais de voo, distantes de aeroportos, rodovias e de linhas de transmissão de energia. As praias de onde partiram os voos são seguras e amplos locais de pouso, principalmente em períodos fora de temporada turística ou de veraneio, que, no caso do Rio Grande do Sul, restringe-se aos meses de dezembro a fevereiro e finais de semana. Para não comprometer outras aeronaves a pilotagem deve ocorrer em áreas abertas, com

ampla visão e altura de voo adequada. Outro aspecto são as aves costeiras. Deve-se ficar atento às espécies de aves características de cada região, tanto no sentido de não prejudicar suas atividades como no intuito de evitar um possível ataque ao drone, especialmente por aves de rapina, fato ocorrido em um dos voos, onde um Carcará (*Caracara plancus*) atacou o drone. O tempo de cada voo do referido equipamento é de, no máximo, 23 minutos. Portanto, ficar atento às baterias, carregando-as antes dos trabalhos de campo e conferindo a carga antes de iniciar o voo. Deve-se voar em dias de pouco vento e sem chuva. Também se deve destacar que no mínimo duas pessoas devem estar presentes durante os procedimentos de voo, para auxiliar na captação das cenas, nos procedimentos de montagem e desmontagem do equipamento, na segurança dos equipamentos e/ou estar presente em um possível mal súbito do piloto, visando não deixar a aeronave desgovernada nos voos manuais nem nos autônomos. Por fim, reafirma-se que o uso do drone deve ter um objetivo claro, ser adequado às normas vigentes e não gerar riscos e danos às pessoas e ao meio ambiente.

Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Silva Simões
Rio Grande
dezembro de 2017

EDITORA E GRÁFICA DA FURG
CAMPUS CARREIROS
CEP 96203 900
editora@furg.br



Estão representados lateral e transversalmente os ambientes de uma forma integrada desde a zona de arrebentação até os campos de dunas interiores, passando por praias dominadas por ondas com maré astronômica relativamente inexpressiva, mas que pode sobrelevar-se, repentinamente, tornando-se, assim, juntamente com o vento, um dos maiores vetores de transformação da paisagem. O livro evidencia também ações antrópicas que modificam processos costeiros naturais e a resiliência da natureza em relação a elas.



Geomorfologia da costa central e sul do RS

com fotografias aéreas oblíquas de drone

ISBN 978-65-5754-027-5



9 786557 154027 5